

## نقش فیزیولوژیک کودهای زیستی در بهبود عملکرد کشت مخلوط سیاه‌دانه و لوبیا چیتی

علیرضا پیرزاد<sup>۱\*</sup>، سام دویرانی<sup>۲</sup>، جلال جلیلیان<sup>۱</sup> و اسماعیل رضایی چپانه<sup>۳</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۸)

### چکیده

به منظور بررسی نقش کودهای زیستی بر ویژگی‌های فیزیولوژیک مؤثر در بهبود عملکرد سیاه‌دانه و لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح کود (مصرف کود زیستی دارای باکتری‌های تأمین کننده نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و عدم مصرف کود و پنج نسبت کاشت (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵، ۱۰۰:۰) لوبیا - سیاه‌دانه به روش جایگزینی بودند. بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک سیاه‌دانه (۵۴/۲۰ و ۱۱۸/۴۰ گرم در مترمربع) و لوبیا (۱۳۹/۳ و ۳۷۴ گرم در مترمربع) از تیمار کشت خالص همراه با کاربرد کود زیستی به دست آمد. درصد روغن سیاه‌دانه و کلروفیل b سیاه‌دانه در نسبت کشت ۵۰:۵۰ به ترتیب ۱۷/۳۴ و ۱۴/۳۶ و کلروفیل b و کارتنوئید لوبیا در نسبت کشت ۵۰:۵۰ به ترتیب ۱۳/۷۴ و ۱۰/۳۸ درصد نسبت به کشت خالص افزایش نشان داد. بیشترین عملکرد روغن (۱۲/۴ گرم در مترمربع) و درصد اسانس سیاه‌دانه (۰/۵۱ درصد) متعلق به تیمار کشت خالص همراه با کاربرد کود زیستی بود. بالاترین نسبت برابری زمین کل (۱/۵۰) از نسبت کشت ۵۰:۵۰ با کاربرد کود زیستی به دست آمد که معادل ۵۰ درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص دو گونه بود. این امر احتمالاً به دلیل اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی دو گونه و نقش مؤثرتر کودهای زیستی دارای باکتری‌های تأمین کننده نیتروژن، فسفر و پتاسیم در تغذیه سیاه‌دانه و لوبیا در کشت مخلوط است. با توجه به عملکرد بالاتر (عملکرد کمی و کیفی هر دو گونه) و اهداف کشاورزی پایدار، نسبت کشت ۵۰:۵۰ با کاربرد کود زیستی مناسب و قابل توجه است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، باکتری‌های محرک رشد، روغن، کلروفیل، نسبت برابری زمین

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشیاران، دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

\*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: a.pirzad@urmia.ac.ir

## مقدمه

یون‌های فسفات، پتاسیم و آهن از ترکیبات نامحلول آنها تولید می‌شوند (۴۵).

در یک بررسی کاربرد کودهای زیستی (NPK) منجر به افزایش معنی‌دار اجزای عملکرد، عملکرد دانه و اسانس زیره سبز شد. به طوری که؛ بیشترین عملکرد دانه (۵۵۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اسانس (۱۸/۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ترکیبی سه‌گانه از تو بارور + فسفات بارور ۲ + بیوسولفور و کمترین مقادیر عملکرد دانه (۳۹۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد اسانس (۹/۵ کیلوگرم در هکتار) از تیمار شاهد به دست آمد (۳۹). استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپریلیوم)، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های سودوموناس *Pseudomonas* و باسیلوس *Bacillus*) و بیوسولفور (باکتری‌های اکسید کننده گوگرد از جنس تیوباسیلوس *Thiobacillus*) در گیاه کنجد به ترتیب موجب ۴۴، ۲۸ و ۲۶ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند (۱۹). در کشت مخلوط شنبليله و آنیسون با وجود بیشترین عملکرد روغن شنبليله در کشت خالص، مجموع عملکرد دو گیاه در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص هر کدام از گیاهان بود (۲۵). مرزبان و همکاران (۲۶) در تحقیقی روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی نشان دادند که بیشترین درازی ریشه لوبیا، تعداد شمار گره ریشه لوبیا و شاخص کلونی‌زایی ریشه لوبیا در تیمار کشت مخلوط هم‌زمان با قارچ آریسکولار میکوریزا و باکتری مزوریزویوم دیده شد. رضوانی مقدم و مرادی (۴۱) در کشت مخلوط زیره سبز و شنبليله بیشترین عملکرد دانه و اسانس زیره سبز را از تیمار (ازتوباکتر و آزوسپریلیوم) و در گیاه شنبليله از تیمار سودوموناس گزارش کردند. در کشت مخلوط ریحان و شبدر برسیم، بیشترین وزن خشک اندام‌های رویشی ریحان در کشت خالص بود. با این حال در مجموع عملکرد دو گیاه کشت مخلوط برتری اقتصادی از زمین داشت. درصد اسانس ریحان در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص حاصل شد (۱۰). رضایی چپانه و قلی‌نژاد (۳۸) در بررسی ویژگی‌های زراعی و شاخص‌های سودمندی در کشت

سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک ساله، دو لپه‌ای، بومی جنوب غربی آسیا، از تیره آلانه، به ارتفاع ۳۰ تا ۷۰ سانتی‌متر، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی پر رنگ، میوه فولیکول که در درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر وجود دارد. دانه سیاه‌دانه حاوی ۴۰ درصد روغن و ۱ تا ۱/۵ درصد اسانس است (۲۴). مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی اسانس سیاه‌دانه پارا - سیمین می‌باشد. در ایران این گیاه به‌ویژه در اراک و اصفهان به فراوانی می‌روید. دانه‌های سیاه‌دانه شیرآور، ضد نفخ، مسهل و ضد انگل، ضد صرع، ضد ویروس، ضد باکتری، ضد تومور، مسکن و کاهش‌دهنده قند خون، شل‌کننده عضلات صاف، سیتوتوکسیک و تحریک‌کننده سیستم ایمنی بدن هستند (۳۶). حبوبات به‌عنوان دومین منبع تأمین نیاز غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه خاصی برخوردار است. لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) از تیره بقولات (Fabaceae) به‌خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارد و به همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا به‌عنوان کود سبز مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۰).

در ارتباط با افزایش عملکرد در واحد سطح گزارش شده است که کشت مخلوط به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر کشاورزی پایدار ضمن افزایش تنوع اکولوژیک و اقتصادی، باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده‌ی کارآمدتر از منابع موجود از قبیل زمین، کار، آب و عناصر غذایی، کاهش مشکلات آفات و بیماری‌ها، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام و برتری اقتصادی می‌شود (۲۹).

به نظر می‌رسد که با بهره‌گیری از کودهای زیستی در کشت مخلوط ضمن افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی می‌توان انتظار افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان را نیز در سامانه‌های پایدار داشت. کودهای زیستی متشکل از باکتری‌ها و هم‌چنین قارچ‌های مفیدی هستند که هریک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن و رهاسازی

فسفر بارور ۲ و پتاس بارور ۲) و عدم مصرف کود و پنج نسبت کاشت لوبیا و سیاهدانه (۱۰۰:۰، ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و ۱۰:۹۰) به روش جایگزینی بودند. بذر مورد استفاده لوبیا رقم COS 16 از ایستگاه تحقیقاتی خمین و سیاهدانه از توده بومی سمیرم اصفهان که از شرکت پاکان بذر تهیه شده بود، مورد استفاده قرار گرفت.

فاصله بین ردیف‌های هر دو گونه ۴۰ سانتی‌متر و روی ردیف‌ها ۷ سانتی‌متر به طول ۳ متر برای دو گونه در نظر گرفته شد. در نتیجه تراکم نهایی در کشت خالص برای هر دو گونه ۳۶ بوته در مترمربع به دست آمد. ابعاد کرت‌ها ۴ × ۳/۲۰ متر، فاصله بین کرت‌ها نیم متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. نسبت کاشت ۷۵:۲۵ به ترتیب، شامل ۳ ردیف لوبیا و ۱ ردیف سیاهدانه و نسبت کاشت ۷۵:۲۵، شامل ۱ ردیف لوبیا و ۳ ردیف سیاهدانه و نسبت کاشت ۵۰:۵۰ شامل کشت یک در میان سیاهدانه با لوبیا به روش جایگزینی بودند. کاشت سیاهدانه و لوبیا به‌طور هم‌زمان در ۳۰ فروردین ماه به‌صورت کرتی انجام گرفت. بذر سیاهدانه و لوبیا قبل از کاشت طبق دستورالعمل شرکت سازنده زیست‌فناور سبز با کود زیستی NPK آغشته شد که مشخصات آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

عملیات وجین علف‌های هرز به‌طور مرتب به‌صورت دستی و در هنگام لزوم انجام شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت و در نوبت‌های بعدی آبیاری برحسب شرایط اقلیمی و نیاز گیاه به‌طور متوسط هر ۱۰-۷ روز یک‌بار انجام گرفت. کود گاوی پوسیده دو ماه قبل از کاشت به‌میزان ۲۰ تن در هکتار به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌ها پخش و سپس تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. به‌منظور بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاد و بیشتر نمود پیدا کردن تأثیر کود زیستی در زمان آماده‌سازی زمین در طول دوره رشد از کود شیمیایی استفاده نشد.

برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، ابتدا ردیف‌های کناری هر کرت و از دو طرف (اثرات حاشیه‌ای) حذف شدند و از مساحت باقی‌مانده (۴/۸۰ مترمربع) برداشت

مخلوط افزایشی نخود و سیاهدانه گزارش کردند که درصد اسانس سیاهدانه در نسبت کاشت ۵۰ درصد نخود + ۱۰۰ درصد سیاهدانه در مقایسه با کشت خالص آن ۳۷ درصد افزایش یافته است. گوش و همکاران (۱۵) در کشت مخلوط سویا و سورگوم گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بیشتر بوده است و علت این امر را به نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت داده‌اند. در ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط سویا و همیشه‌بهار گزارش شده است که کشت مخلوط نواری ۴ ردیف همیشه‌بهار + ۶ ردیف سویا از نظر عملکرد اقتصادی و نسبت برابری زمین نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط برتری داشتند. در این بررسی بیشترین نسبت برابری زمین و مجموع عملکرد نسبی به ترتیب معادل ۱/۳۴ و ۱/۱۳ بودند که این امر نشانگر سودمندی این دو مخلوط است (۵).

بدین ترتیب، نظر به اهمیت کودهای زیستی در بهبود عملکرد محصولات زراعی و حفظ محیط زیست، این تحقیق به‌منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر روی ویژگی‌های کمی و کیفی سیاهدانه و لوبیا چیتی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در شرایط آب‌وهوایی ارومیه اجرا گردید.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۳۳۲ از سطح دریا و با میانگین دما و بارندگی سالانه به ترتیب برابر ۹/۸ درجه سانتی‌گراد و ۲۳۸/۲ میلی‌متر اجرا شد. قبل از شروع آزمایش، به‌منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است.

تیمارهای آزمایش شامل مصرف کود زیستی (از توبرور ۱،

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

پتاسیم قابل جذب	فسفر قابل جذب	مواد آلی	نیتروژن کل	هدایت الکتریکی	اسیدیته	رس	سیلت	شن	بافت خاک
(mg kg <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)	(dS m <sup>-1</sup> )	(%)	(%)	(%)	(%)	
۲۱۸	۱۴	۱/۱	۰/۰۶	۱/۰	۷/۹	۲۴	۴۰	۳۶	لومی

جدول ۲. ویژگی‌های کودهای زیستی مورد استفاده در این آزمایش

نام کود زیستی	نوع میکرو ارگانیسم	نقش میکروارگانیسم	تعداد باکتری زنده و فعال در هر گرم کود زیستی	مقدار توصیه شده برای یک هکتار
ازتو بارور ۱	<i>Azotobacter vinelandii</i>	باکتری تثبیت کننده نیتروژن	۱۰ <sup>۹</sup>	۱۰۰ گرم برای هکتار
فسفر بارور ۲	<i>Pseudomonas putida</i> و <i>Bacillus subtilis</i>	باکتری حل کننده فسفات	۱۰ <sup>۹</sup>	۱۰۰ گرم برای هکتار
پتا بارور ۲	<i>Pseudomonas koreensis</i> و <i>Pseudomonas vancouverensis</i>	باکتری آزاد کننده پتاسیم	۱۰ <sup>۸</sup>	۱۰۰ گرم برای هکتار

$$C_{x+c} (\mu\text{g/ml}) = (1000A_{470} - 1.63\text{Chla} - 104.96\text{Chlb}) / 221 \quad (۳)$$

برای ارزیابی کشت مخلوط لوبیا و سیاه‌دانه در مقایسه با کشت خالص از شاخص برابری زمین (براساس عملکرد دانه) و با استفاده از رابطه (۴) محاسبه گردید (۲۷).

$$\text{LER} = \frac{Y_1}{L_1} + \frac{Y_2}{L_2} \quad (۴)$$

در این معادله،  $Y_1$  و  $Y_2$  به ترتیب عملکرد گونه‌های اول و دوم در مخلوط و  $L_1$  و  $L_2$  نیز عملکرد گونه اول و دوم در کشت خالص است. آنالیز واریانس داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده توسط آزمون SNK در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر نسبت کاشت و کود زیستی بر درصد روغن و کلروفیل b سیاه‌دانه و اثر متقابل الگوی کاشت و کود بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، درصد اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد روغن، کلروفیل a و کارتنوئید

انجام شد. برداشت لوبیا ۲۰ مردادماه، زمانی که رنگ نیام‌ها زرد شده بود، صورت گرفت و برداشت سیاه‌دانه ۳۰ مرداد ماه، هنگامی که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شده بود و قبل از شکافتن شدن برگ‌ها (فولیکول) انجام گرفت. استخراج اسانس سیاه‌دانه به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر انجام شد (۹). عملکرد اسانس از عملکرد دانه × درصد اسانس محاسبه شد. استخراج روغن دانه، با استفاده از دستگاه سوکسله روغن انجام شد (۲۲). عملکرد روغن از عملکرد دانه × درصد روغن به‌دست آمد.

پس از استخراج کلروفیل از برگ محتوای کلروفیل a، b و کارتنوئید در طول موج‌های ۶۶۵/۲، ۶۵۲/۴ و ۴۷۰ با دستگاه اسپکتروفتومتر، مدل (SPEKOL 1300, JAPAN) قرائت گردید. مقدار کلروفیل a، b و کارتنوئید برگی طبق فرمول‌های زیر محاسبه شد و بر حسب میکروگرم در گرم وزن تر برگ گزارش شدند (۲۳).

$$\text{Chla} (\mu\text{g/ml}) = 16.72A_{665.2} - 9.16A_{652.4} \quad (۱)$$

$$\text{Chlb} (\mu\text{g/ml}) = 36.92A_{652.4} - 15.28A_{665.2} \quad (۲)$$

بیولوژیک می‌شود (۴۷). احتمالاً دسترسی بیشتر به عناصر غذایی در تیمار با کود زیستی کامل (NPK) باعث افزایش عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه و لوبیا شده است. صفی‌خانی و همکاران (۴۶) کشت مخلوط شبدر با ریحان به این نتیجه رسیدند که استفاده از کودهای زیستی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک می‌شود. رضائی چپانه و قلی‌نژاد (۳۸) بیشترین عملکرد بیولوژیک نخود (۲۳۱۰ کیلوگرم در هکتار) را در کشت خالص و کمترین آن را (۱۲۲۱ کیلوگرم در هکتار) در کشت مخلوط ۷۵:۲۵ نخود و سیاه‌دانه نشان دادند.

#### عملکرد دانه

بیشترین عملکرد دانه سیاه‌دانه مربوط به تیمار کشت خالص همراه با کود زیستی به میزان (۵۴/۲۰ گرم در مترمربع) است که نسبت به کشت خالص بدون کاربرد کود ۳۰ درصد افزایش داشته، کمترین مقدار عملکرد دانه (۹/۴۴ گرم در مترمربع) مربوط به کشت مخلوط ۷۵:۲۵ (سیاه‌دانه: لوبیا) می‌باشد که نسبت به کشت خالص بدون کاربرد کود ۷۵ درصد کاهش داشته است (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه لوبیا (۱۳۹/۳ گرم در مترمربع) مربوط به کشت خالص همراه با کود زیستی می‌باشد که نسبت به کشت خالص بدون کاربرد کود ۵۶ درصد افزایش داشته است و کمترین عملکرد دانه (۲۶/۱۰ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار مخلوط ۷۵:۲۵ (لوبیا: سیاه‌دانه) می‌باشد. همچنین کشت‌های مخلوط به نسبت‌های ۵۰:۵۰ و ۲۵:۷۵ (لوبیا و سیاه‌دانه) همراه با کود نسبت به کشت خالص بدون کود به ترتیب ۳۷ و ۱۳ درصد افزایش میزان عملکرد دانه لوبیا داشته‌اند (جدول ۴). کاربرد باکتری‌های حل‌کننده فسفات، موجب افزایش حلالیت فسفر غیر محلول، افزایش جذب فسفر، افزایش محتوای نیتروژن و پتاسیم در بافت‌های گیاهی و در نتیجه سبب افزایش عملکرد می‌شود (۳۳). بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط جذب آب، مواد غذایی و نور به دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می‌یابد (۱۳ و ۲۱). رضایی چپانه (۳۷) در کشت مخلوط

سیاه‌دانه اثر معنی‌دار داشتند. در رابطه با لوبیا اثر نسبت کاشت و کود بر کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید و همچنین اثر متقابل نسبت کاشت و کود زیستی بر روی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۳).

#### عملکرد بیولوژیک

مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که استفاده از منابع کودی، زیستی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه به میزان ۳۱ درصد نسبت به عدم کاربرد کود شده است. بیشترین عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه (۱۱۸/۴ گرم در مترمربع) مربوط به کشت خالص همراه با کود زیستی و کمترین عملکرد بیولوژیک سیاه‌دانه (۲۱/۷۴ گرم در مترمربع) مربوط به نسبت کشت مخلوط و بدون کاربرد کود زیستی ۷۵:۲۵ (سیاه‌دانه و لوبیا) است (جدول ۴). رضوانی مقدم و همکاران (۴۷) در بررسی اثر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر عملکرد کنجد گزارش کردند که بیشترین عملکرد بیولوژیک از گیاهانی به دست آمد که تحت تیمار با کودهای زیستی بیوفسفر بودند. به طوری که این تیمار نسبت به تیمار شاهد ۱۱/۲۷ درصد از عملکرد بیولوژیک بالاتری برخوردار بودند.

بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا (۳۷۴ گرم در مترمربع) از کشت خالص همراه با کود زیستی حاصل شده است که نسبت به کشت خالص بدون کاربرد کود زیستی ۶۲ درصد افزایش نشان می‌دهد، کمترین عملکرد بیولوژیک لوبیا مربوط به کشت ۷۵:۲۵ (لوبیا: سیاه‌دانه) بدون کاربرد کود زیستی مشاهده شده است. تیمارهای مخلوط ۲۵:۷۵ و ۵۰:۵۰ (لوبیا: سیاه‌دانه) همراه با کود زیستی نسبت به کشت خالص بدون کود زیستی به ترتیب ۴۷ و ۳۸ درصد افزایش عملکرد بیولوژیک داشته‌اند (جدول ۴). کودهای زیستی به واسطه تحریک تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین و جیبرلین رشد اندام‌های هوایی گیاه را افزایش می‌دهند (۳۷). همچنین، فیتوهورمون‌ها ممکن است رشد ریشه را افزایش داده که در نهایت منجر به افزایش جذب ریشه و رشد قسمت‌های هوایی گیاه و در نتیجه عملکرد

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک، درصد روغن، کلروفیل a، کلروفیل b، سیاه‌دانه و لوبیا در نسبت‌های

مختلف کشت مخلوط و کاربرد کود زیستی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک		درصد روغن		کلروفیل a		کلروفیل b	
		سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا
بلوک	۲	۲۵/۴۳ <sup>ns</sup>	۰/۵۴ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
نسبت کاشت	۳	۶۲۵۱/۵۷ <sup>**</sup>	۴۱۴۰۳/۳۷ <sup>**</sup>	۲۱/۶۲ <sup>**</sup>	۱۱/۶۲ <sup>**</sup>	۳۶/۴۰ <sup>**</sup>	۲/۰۸ <sup>**</sup>	۴/۱۶ <sup>**</sup>	۴/۱۶ <sup>**</sup>
کود زیستی	۱	۲۶۷۷/۱۷ <sup>**</sup>	۵۹۷۰۰/۳۷ <sup>**</sup>	۱۳۵/۳۷ <sup>**</sup>	۴۹/۸۸ <sup>**</sup>	۳۱۳/۲۰ <sup>**</sup>	۲/۳۴ <sup>**</sup>	۴/۰۸ <sup>**</sup>	۴/۰۸ <sup>**</sup>
نسبت کاشت × کود زیستی	۳	۱۴۱/۷۳ <sup>**</sup>	۲۷۱۹/۳۷ <sup>**</sup>	۱/۱۲ <sup>ns</sup>	۳/۹۷ <sup>**</sup>	۲/۱۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
اشتباه آزمایش	۱۴	۱۴	۱۱۶/۱۶	۱/۱۴	۰/۳۳	۱/۱۴	۰/۰۹	۰/۱۹	۰/۱۹
ضریب تغییرات		۵/۵۵	۴/۴۲	۴/۴۸	۴/۵۷	۴/۵۰	۳/۶۶	۳/۵۲	۳/۵۲

ns، \* و \*\*، به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ادامه جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس، کارتنوید، عملکرد دانه (سیاه‌دانه و لوبیا)، عملکرد روغن، درصد اسانس

و عملکرد اسانس سیاه‌دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	کارتنوید		عملکرد روغن		عملکرد دانه		اسانس سیاه‌دانه	
		سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا	درصد	عملکرد اسانس
بلوک	۲	۲/۷۶ <sup>**</sup>	۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۹۲/۹۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۱ <sup>ns</sup>
نسبت کاشت	۳	۲/۶۹ <sup>**</sup>	۱/۰۹ <sup>**</sup>	۵۷/۷۸ <sup>**</sup>	۱۳۰۰/۴۵ <sup>**</sup>	۶۶۶۰/۵۱ <sup>**</sup>	۰/۰۳ <sup>**</sup>	۰/۱۱ <sup>**</sup>	۰/۱۱ <sup>**</sup>
کود زیستی	۱	۲/۸۷ <sup>**</sup>	۲/۳۴ <sup>**</sup>	۸۹/۶۶ <sup>**</sup>	۷۵۸/۴۷ <sup>**</sup>	۱۰۹۴۸/۲۸ <sup>**</sup>	۰/۱۵ <sup>**</sup>	۰/۱۵ <sup>**</sup>	۰/۱۵ <sup>**</sup>
نسبت کاشت × کود زیستی	۳	۰/۰۶ <sup>**</sup>	۰/۴۳ <sup>ns</sup>	۴/۷۰ <sup>**</sup>	۳۸/۷۴ <sup>**</sup>	۳۵۴/۶۲ <sup>**</sup>	۰/۰۲ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>	۰/۰۱ <sup>**</sup>
اشتباه آزمایش	۱۴	۰/۰۱	۰/۱۷	۳/۲۲	۸/۵۷	۵۶/۶۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۴/۱	۴/۹۹	۰/۰۴	۲/۵۴	۸/۹۳	۵/۲۸	۶/۸۴	۶/۸۴

ns، \* و \*\*، به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

کاشت مخلوط ۵۰:۵۰ و کمترین درصد روغن سیاه‌دانه (۲۰/۲۵) درصد) از کشت خالص به دست آمدند. در نسبت کاشت ۵۰:۵۰ درصد روغن سیاه‌دانه نسبت به کشت خالص ۲۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). همچنین تیمار با منابع کودی (استفاده از کودهای زیستی) درصد روغن سیاه‌دانه را به میزان ۲۴ درصد افزایش داد (جدول ۵). از آنجا که هر عاملی که سبب افزایش فتوسنتز گیاهی شود، می‌تواند به افزایش درصد روغن نیز منجر شود، به نظر می‌رسد که دلیل افزایش درصد روغن در کشت مخلوط توانایی گیاه برای جذب تشعشع بیشتر، افزایش جذب

برزک و لویباجیتی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه لویباجیتی (۱۵۶۳) کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص به دست آمد، اما این تیمار با الگوی کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + دو ردیف برزک در یک سطح آماری قرار گرفت و کمترین مقادیر عملکرد دانه (۹۰۷ کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط ردیفی حاصل شد که با کشت مخلوط یک ردیف لوبیا + دو ردیف برزک تفاوت معنی‌دار نداشت.

درصد روغن

بیشترین درصد روغن سیاه‌دانه (۲۴/۵۰ درصد) در نسبت

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی سیاه‌دانه و لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط و کاربرد کود زیستی

کود زیستی	نسبت کشت (سیاه‌دانه: لوبیا)	عملکرد دانه		عملکرد بیولوژیک		عملکرد روغن	عملکرد اسانس	درصد اسانس	کلروفیل a	کارتونوئید
		سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا					
		(گرم در مترمربع)		(میکروگرم در گرم وزن تر)						
بدون	کشت خالص	۸۹/۳۳ <sup>c</sup>	۳۷/۸۰ <sup>c</sup>	۲۳۱ <sup>d</sup>	۸۶/۲۳ <sup>c</sup>	۶/۶ <sup>d</sup>	۰/۹۰ <sup>c</sup>	۰/۳۴ <sup>c</sup>	۱۰/۸۰ <sup>e</sup>	۵/۶۰ <sup>h</sup>
کاربرد	۵۰:۵۰	۶۷/۱۶ <sup>d</sup>	۲۲/۶۵ <sup>f</sup>	۲۰۳ <sup>e</sup>	۵۰/۷۲ <sup>e</sup>	۵/۱ <sup>c</sup>	۰/۹۶ <sup>c</sup>	۰/۲۲ <sup>e</sup>	۱۲/۰۰ <sup>cde</sup>	۷ <sup>a</sup>
کود	۲۵:۷۵	۲۶/۱۰ <sup>f</sup>	۳۰/۸۴ <sup>e</sup>	۱۰۱ <sup>g</sup>	۶۸/۴۷ <sup>d</sup>	۶/۳ <sup>d</sup>	۰/۹۲ <sup>c</sup>	۰/۲۸ <sup>d</sup>	۱۱/۵۰ <sup>de</sup>	۶/۶۰ <sup>f</sup>
	۷۵:۲۵	۶۹/۰۴ <sup>d</sup>	۹/۴۴ <sup>h</sup>	۲۴۱ <sup>d</sup>	۲۱/۷۳ <sup>g</sup>	۱/۷ <sup>g</sup>	۰/۹۳ <sup>c</sup>	۰/۰۸ <sup>g</sup>	۱۰/۶۶ <sup>e</sup>	۶ <sup>g</sup>
	کشت خالص	۱۳۹/۳۰ <sup>a</sup>	۵۴/۲۰ <sup>a</sup>	۳۷۴ <sup>a</sup>	۱۱۸/۴۰ <sup>a</sup>	۱۲/۴ <sup>a</sup>	۰/۹۵ <sup>c</sup>	۰/۵۱ <sup>a</sup>	۱۲/۲۰ <sup>cd</sup>	۶/۱۳ <sup>d</sup>
کاربرد	۵۰:۵۰	۱۲۳/۸ <sup>b</sup>	۳۳/۲۹ <sup>d</sup>	۳۱۸ <sup>c</sup>	۷۱/۸۳ <sup>d</sup>	۸/۸ <sup>c</sup>	۱/۲۶ <sup>a</sup>	۰/۴۱ <sup>b</sup>	۱۷/۲۰ <sup>a</sup>	۷/۹۰ <sup>a</sup>
کود	۲۵:۷۵	۴۷ <sup>f</sup>	۴۴/۳۰ <sup>b</sup>	۱۴۳ <sup>f</sup>	۹۱/۱۷ <sup>b</sup>	۱۰/۶ <sup>b</sup>	۱/۱۳ <sup>b</sup>	۰/۵۰ <sup>a</sup>	۱۴/۱۰ <sup>b</sup>	۷/۱۰ <sup>b</sup>
	۷۵:۲۵	۱۱۲ <sup>b</sup>	۱۳/۹۳ <sup>g</sup>	۳۰/۲۴ <sup>b</sup>	۳۴ <sup>o</sup>	۳/۳ <sup>f</sup>	۱ <sup>c</sup>	۰/۱۴ <sup>f</sup>	۱۳ <sup>c</sup>	۶/۶۳ <sup>c</sup>

حروف غیرمشابه در هرستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار براساس آزمون SNK در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵. مقایسه میانگین برخی صفات کمی و کیفی سیاه‌دانه و لوبیا در نسبت‌های مختلف کاشت (قسمت بالا) و سطوح کود زیستی (قسمت پایین)

نسبت کاشت (سیاه‌دانه: لوبیا)	روغن سیاه‌دانه (درصد)	کلروفیل a		کلروفیل b		کارتونوئید
		لوبیا	سیاه‌دانه	لوبیا	سیاه‌دانه	
		(میکروگرم در گرم وزن تر)				
کشت خالص	۲۰/۲۵ <sup>bc</sup>	۲۲/۰۱ <sup>c</sup>	۸/۰۵ <sup>c</sup>	۱۱/۸۰ <sup>c</sup>	۷/۸۵ <sup>c</sup>	
۵۰:۵۰	۲۴/۵۰ <sup>a</sup>	۲۷/۲۵ <sup>a</sup>	۹/۴۰ <sup>a</sup>	۱۳/۶۸ <sup>a</sup>	۸/۷۶ <sup>a</sup>	
۲۵:۷۵	۲۰/۷۵ <sup>bc</sup>	۲۲/۰۳ <sup>c</sup>	۸/۳۰ <sup>c</sup>	۱۲/۶۰ <sup>b</sup>	۸/۰۵ <sup>c</sup>	
۷۵:۲۵	۲۲ <sup>b</sup>	۲۳/۷۵ <sup>b</sup>	۸/۷۰ <sup>b</sup>	۱۲/۰۶ <sup>bc</sup>	۸/۵۵ <sup>ab</sup>	
کود زیستی						
عدم کاربرد کود	۱۹/۵۰ <sup>b</sup>	۲۰/۱۵ <sup>b</sup>	۸/۳۰ <sup>b</sup>	۱۲/۱۲ <sup>b</sup>	۷/۹۹ <sup>b</sup>	
کاربرد کود	۲۴/۲۵ <sup>a</sup>	۲۷/۳۷ <sup>a</sup>	۸/۹۲ <sup>a</sup>	۱۲/۹۵ <sup>a</sup>	۸/۶۱ <sup>a</sup>	

حروف غیرمشابه در هرستون و برای هر عامل آزمایشی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار براساس آزمون SNK در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

باکترهای ناشی از کاربرد کودهای بیولوژیک در محیط ریشه، میزان فراهمی نیتروژن و جذب فسفر نامحلول موجود در خاک را برای گیاه به خصوص در مرحله زایشی افزایش داده و سبب بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به بخش زایشی و در نتیجه افزایش عملکرد روغن در بوته شده است. از طرفی، افزودن کودهای زیستی که در فرآیندهای رویشی و زایشی گیاه نقش کلیدی دارند، می تواند اجزای عملکرد گیاه و درصد روغن را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (۴۲). موسویان و همکاران (۲۸) در کشت مخلوط ذرت - آفتابگردان گزارش کردند که بیشترین میزان روغن به میزان ۲۴ درصد از نسبت کاشت ۵۰:۵۰ و کمترین میزان روغن (۲۱ درصد) از کشت خالص آفتابگردان به دست آمده است. در کشت مخلوط رازیانه - کنجد - لوبیا، تیمارهای مخلوط تأثیر مثبت بر عملکرد روغن داشت (۳۵).

#### کلروفیل a

بیشترین غلظت کلروفیل a سیاه دانه (۱۷/۲۰ میکروگرم در گرم وزن تر) از کشت مخلوط ۵۰:۵۰ همراه با کود زیستی به دست آمده است که نسبت به کشت خالص ۵۹ درصد افزایش داشته است، این در حالی است که کمترین میزان کلروفیل a سیاه دانه در تیمارهای کشت خالص و ۷۵:۲۵ (سیاه دانه و لوبیا) بدون کاربرد کود زیستی مشاهده شده است، تیمارهای ۲۵:۷۵، ۷۵:۲۵ (سیاه دانه و لوبیا) و کشت خالص همراه با کود به ترتیب نسبت به کشت خالص بدون کاربرد کود زیستی ۳۰، ۲۰، و ۱۳ درصد افزایش کلروفیل a نشان نشان دادند (جدولهای ۴ و ۵). بیشترین غلظت کلروفیل a لوبیا (۲۷/۲۵ میکروگرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمار مخلوط ۵۰:۵۰ و کمترین میزان کلروفیل a (۲۲/۰۱ میکروگرم در گرم وزن تر) مربوط به تیمارهای کشت خالص می باشد. همچنین استفاده از کود زیستی باعث افزایش کلروفیل a لوبیا به میزان ۳۶ درصد شده است. به نظر می رسد که علت افزایش کلروفیل a به دلیل کاهش رقابت درون گونه ای و دسترسی گیاه به عناصر غذایی بیشتر و در نتیجه آسمیلایسیون

عناصر غذایی و فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن از طرف لوبیا باشد که در این حالت تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه ها با کارایی بیشتری صورت گرفته و این امر به بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش مقدار روغن منجر شده است (۳۴ و ۱۷). آندهم و همکاران (۶) گزارش نمودند که تلقیح بادام زمینی با کودهای زیستی (ریزوبیوم و سولفوراکسید) منجر افزایش درصد روغن بادام زمینی شده است. رضایی چیاغه (۳۷) در کشت مخلوط لوبیا با بزرک نشان داد که درصد روغن بزرک در تمام تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از تیمارهای خالص بود. این محقق گزارش کرد که بیشترین درصد روغن بزرک (۴۱/۷۵ درصد) در کشت مخلوط دو ردیف لوبیا + دو ردیف بزرک و کمترین میزان روغن (۳۲/۶۶ درصد) بزرک از کشت خالص به دست آمده است.

#### عملکرد روغن

بیشترین عملکرد روغن سیاه دانه (۱۲/۴ گرم در مترمربع) در کشت خالص همراه با کود زیستی مشاهده شده است که نسبت به کشت خالص بدون مصرف کود ۴۷ درصد افزایش داشته، کمترین میزان عملکرد روغن سیاه دانه (۱/۷ گرم در مترمربع) مربوط به کشت مخلوط ۷۵:۲۵ (سیاه دانه: لوبیا) می باشد. با افزایش تراکم بیشتر در کشت مخلوط و استفاده از کودهای زیستی میزان عملکرد روغن افزایش یافته است (جدول ۵). از آنجایی که عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن می باشد لذا هرگونه تغییر در عملکرد دانه و درصد روغن، عملکرد روغن را تحت تأثیر قرار می دهد. با توجه به اینکه که بیشترین مقدار عملکرد دانه در کشت خالص همراه با کود زیستی در سیاه دانه در شرایط مخلوط با لوبیا به دست آمده است، بالا بودن عملکرد روغن در این تیمارها دور از انتظار نبود. همچنین کاهش عملکرد روغن در کشت مخلوط ۷۵:۲۵ (سیاه دانه: لوبیا) به دلیل کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در این تیمار در اثر تعداد بوته های کمتر در واحد سطح و در نتیجه کم شدن عملکرد دانه و عملکرد روغن در این تیمار بوده است. در تحقیق حاضر، وجود



کاشت ۵۰:۵۰ و کمترین مقدار کلروفیل b سیاه‌دانه (۸/۰۵) میکروگرم در گرم وزن تر) و لوبیا (۱۱/۸۰) میکروگرم در گرم وزن تر) از کشت خالص به‌دست آمد. کشت ۵۰:۵۰ هم در سیاه‌دانه و لوبیا نسبت به کشت خالص ۱۶ درصد کلروفیل b بیشتری در هر دو گیاه نشان داد (جدول ۵)، به‌طور کلی کاربرد کود زیستی در کلیه کشت‌های خالص و مخلوط هم در سیاه‌دانه هم در لوبیا باعث افزایش ۷ درصدی کلروفیل b شده است (جدول ۵). باکترهای موجود در کودهای زیستی از طریق توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و به‌دنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن بر میزان کلروفیل اثر گذاشته و ساخت رنگیزه‌های کلروفیل را افزایش می‌دهند (۲). بهارلویی (۷) در کشت مخلوط نخودفرنگی و کلزا مشاهده نمود کشت مخلوط سبب افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل b نخودفرنگی نسبت به کشت خالص شده است. روستایی و فلاح (۴۴) در کشت مخلوط شنبلیله و سیاه‌دانه گزارش کردند که تیمار یک ردیف سیاه‌دانه + یک ردیف شنبلیله تحت سیستم تغذیه شیمیایی دارای بیشترین میزان کلروفیل b (۲۳۷/۰ میکرومول بر میلی‌گرم) بود.

#### کارتونوئید

بیشترین مقدار کارتونوئید لوبیا (۸/۷۶ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به کشت مخلوط ۵۰:۵۰ و کمترین میزان کارتونوئید لوبیا (۷/۸۵ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) در کشت خالص دیده شد (جدول ۵). همچنین استفاده از منابع کودی باعث افزایش ۸ درصدی میزان کارتونوئید لوبیا در کلیه نسبت‌های کاشت شده است (جدول ۵). بیشترین غلظت کارتونوئید سیاه‌دانه (۷/۹۰ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) از تیمار کشت مخلوط ۵۰:۵۰ همراه با کود زیستی و کمترین میزان کارتونوئید سیاه‌دانه (۵/۶۰ میکروگرم در گرم وزن تر برگ) مربوط به کشت خالص بدون کاربرد کود زیستی می‌باشد، در نسبت‌های ۲۵:۷۵، ۲۵:۷۵ (سیاه‌دانه و لوبیا) و کشت خالص همراه با کود زیستی نسبت به کشت خالص بدون کود به‌ترتیب، ۲۶، ۲۲ و ۱۳ درصد افزایش کارتونوئید مشاهده شده است (جدول ۴). با

بهتر باشد. احتمالاً کم بودن میزان کلروفیل a در کشت خالص رقابت درون گونه برای رسیدن به منابع بیشتر است. مسلماً کاهش میزان کلروفیل در شرایط رقابت درون گونه‌ای و کمبود منابع به‌دلیل تخریب کلروپلاست در این شرایط و کاهش ساخت رنگیزه‌ها می‌باشد. در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص میزان کلروفیل برگ افزایش می‌یابد (۳۲). این نتیجه با نتایج حاصله توسط کاظمی‌نسب و همکاران (۲۰) مبنی بر کاهش کلروفیل در شرایط رقابت درون گونه‌ای و کمبود منابع مطابقت می‌کند. از آنجا که بین میزان کلروفیل برگ و میزان نیتروژن آن رابطه مستقیم وجود دارد می‌توان استنباط کرد که هر مقدار دسترسی گیاه به نیتروژن بیشتر باشد، کلروفیل برگ به‌طور مناسب‌تری افزایش می‌یابد و میزان فتوسنتز آن بهبود می‌یابد. کودهای زیستی در کشت مخلوط باعث تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه و موجب افزایش کلروفیل نسبت به کشت خالص شده است. در کشت مخلوط بادام زمینی و ذرت، کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل اندام هوایی در هر دو گیاه شده است (۱۸). برخی از محققین بیان کرده‌اند که کودهای بیولوژیک باعث افزایش سرعت فتوسنتزی در واحد سطح برگ گیاه می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ و به‌تبع آن افزایش مقدار کلروفیل سیستم فتوسنتزی، افزایش راندمان فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم‌هایی چون نترات ریداکتاز، نیتروژناز، و گلوتامین سنتتاز در گیاهان می‌زبان است (۸). روستایی و فلاح (۴۴) در کشت مخلوط شنبلیله با سیاه‌دانه گزارش کردند که میزان کلروفیل a در کشت مخلوط و تحت تأثیر منابع کودی بیشتر از کشت خالص بوده است. براساس نتایج به‌دست آمده، در کشت مخلوط گاوآنه با جو گزارش شده است، که بیشترین مقدار کلروفیل مربوط به کشت مخلوط و کمترین مربوط به کشت خالص می‌باشد (۱۶).

#### کلروفیل b

بیشترین مقدار کلروفیل b سیاه‌دانه (۹/۴۰ میکروگرم در گرم وزن تر) و لوبیا (۱۳/۶۸ میکروگرم در گرم وزن تر) از نسبت

فسفات و دیمتیل آلایل پیروفسفات، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این رو هر عاملی که باعث افزایش جذب عناصر غذایی شود، در نهایت می‌تواند منجر به افزایش میزان اسانس گیاه نیز گردد (۴۲). تحقیقات قبلی نشان داده است که به هنگام استفاده از گیاهان تیره لگومینوز در سیستم‌های چندکشتی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح مشخصی از زمین، بیشتر از مقدار جذب آنها توسط هریک از کشت‌های خالص است (۱۲). رضائی چپانه و همکاران (۴۰) در بررسی کشت مخلوط شنبلله با زنیان دریافتند که درصد اسانس در کشت مخلوط و همراه با کود بیشتر از کشت خالص بود و کشت ۴ ردیف زنیان و ۲ ردیف شنبلله بیشترین (۳/۴۷ درصد) اسانس نسبت به کشت خالص (۲/۱۷ درصد) را داشتند.

#### عملکرد اسانس

بیشترین عملکرد اسانس سیاه‌دانه (۵۱/۰ گرم در مترمربع) از کشت خالص همراه با کود زیستی و کمترین مقدار عملکرد اسانس سیاه‌دانه (۵۸/۰ گرم در مترمربع) از نسبت کاشت مخلوط ۷۵:۲۵ (سیاه‌دانه: لوبیا) بدون کاربرد کود زیستی به دست آمد. در کشت خالص همراه با کود زیستی ۵۰ درصد افزایش عملکرد اسانس نسبت به کشت خالص بدون کاربرد کود مشاهده شد. نسبت کاشت مخلوط ۷۵:۲۵ (سیاه‌دانه: لوبیا) بدون کاربرد کود نسبت به کشت خالص با کود ۷۶ درصد کاهش عملکرد اسانس مشاهده شد (جدول ۴). یکی از دلایل افزایش عملکرد اسانس سیاه‌دانه در شرایط کشت خالص، بیشتر بودن عملکرد دانه می‌باشد، عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و عملکرد دانه می‌باشد، بنابراین، هرگونه افزایش در این دو مورد بر عملکرد اسانس مؤثر است. علی‌زاده و همکاران (۴) در کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا، نشان دادند که بالاترین عملکرد اسانس گیاهان دارویی ریحان از کشت خالص با کنترل علف هرز به میزان ۳۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمده است. رضوانی مقدم و مرادی (۴۱) نیز در مطالعه کشت مخلوط زیره سبز

توجه به نتایج بالا کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل a، b و کارتنوئید می‌شود. افزایش بیشتر نیتروژن به واسطه تثبیت زیستی گیاه لگوم (لوبیا) و رابطه مکملی مثبت ایجاد شده بین گیاه لوبیا و سیاه‌دانه در کشت مخلوط و همچنین طور فراهمی بیشتر نیتروژن در منابع کودی استفاده شده، و از طرفی نقش مهم نیتروژن بر فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و ساختار رنگریزه‌های فتوسنتزی موجب شده است که استفاده از سامانه کشت مخلوط و کود زیستی سبب افزایش کلروفیل و کارتنوئید را به دنبال داشته باشد (۴۸). در کشت بادام زمینی و ذرت، کشت مخلوط سبب افزایش کلروفیل اندام هوایی در هر دو گیاه نسبت به کشت گزارش شده است (۱۸). در کشت مخلوط شنبلله و سیاه‌دانه گزارش شده است که بیشترین میزان کارتنوئید نیز به تیمار یک ردیف سیاه‌دانه + دو ردیف شنبلله تحت سیستم آلی اختصاص داشت، اما تیمار تغذیه‌ای شیمیایی و تلفیقی ۲۷ و ۳۷ درصد کاهش نشان دادند (۴۴).

#### درصد اسانس سیاه‌دانه

بیشترین درصد اسانس سیاه‌دانه (۱/۲۶ درصد) از نسبت کاشت مخلوط ۵۰:۵۰ همراه با کود زیستی به دست آمد که ۲۸/۵ درصد افزایش درصد اسانس نسبت به کشت خالص بدون کود دیده می‌شود، کمترین مقدار درصد اسانس (۰/۹۰ درصد) مربوط به کشت خالص بدون کود بود (جدول ۴). افزایش درصد اسانس در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به افزایش فراهمی نیتروژن از طریق تثبیت زیستی نیتروژن توسط لوبیا نسبت داد. از آنجا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی گیاهان است (۱۱)، چنین به نظر می‌رسد که وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های سیاه‌دانه از جمله فراهم شدن نیتروژن در شرایط مخلوط با لوبیا، باعث بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش میزان اسانس در مقایسه با کشت خالص شده است. از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند و واحدهای سازنده آنها مانند ایزوپنتیل پیرو



شکل ۱. نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه لوبیا چیتی و سیاه‌دانه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط تحت تأثیر کود زیستی

باکتری‌های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های B، اسیدنیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها و جیبرلین‌ها دارند که در افزایش جذب ریشه نقش مفید و مؤثری دارند. گونه‌های مختلف جنس سودوموناس در کنترل قارچ‌های بیماری‌زا مؤثر بوده که از طریق سازوکارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه می‌گردد (۲۰ و ۱).

### نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که عملکرد دانه سیاه‌دانه و لوبیا، عملکرد بیولوژیک لوبیا، عملکرد اسانس و روغن سیاه‌دانه، در کشت خالص همراه با مصرف کود زیستی کامل بیشتر از بقیه تیمارها

و شنبلیله مشاهده کردند که استفاده از کودهای زیستی در کشت مخلوط سبب افزایش عملکرد اسانس زیره سبز شده است.

### نسبت برابری زمین

شکل ۱ نشان می‌دهد که بیشترین LER (نسبت برابری زمین) ۱/۵۰ مربوط به کشت ۵۰:۵۰ همراه با کود زیستی به دست آمده است که منجر به بهره‌وری ۵۰ درصدی از زمین زراعی شده است، علت برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به کشت خالص آنها می‌توان به اثرات مکمل آنها در استفاده بهینه از منابع نظیر نیتروژن، آب و به تبع آن کاهش تقاضا برای نهاده‌های خارجی نسبت داد. رضایی چپانه و همکاران (۳۸) در کشت مخلوط نخود با سیاه‌دانه گزارش کردند که بالاترین میزان LER مربوط به تیمار ۲۵ درصد نخود + ۷۵ درصد سیاه‌دانه می‌باشد. وجود باکتری سودوموناس در ترکیب مایه‌های تلقیح، نقش مؤثری در افزایش جذب نیتروژن در مرحله گل‌دهی، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و صفات مورفولوژیکی دارد.

نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه دو گونه گردید. بالاترین میزان (LER) در نسبت کاشت ۵۰:۵۰ همراه با کود زیستی کامل به دست آمد که نشان‌دهنده ۵۰ درصد افزایش سودمندی زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه است و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی (دانه، روغن و اسانس) و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به‌طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد. در نهایت با توجه به نتایج تحقیقات علمی حاکی از تأثیر منفی به‌کارگیری کودهای شیمیایی بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی و زراعی و آلودگی محیط زیست، به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی از جمله راهبردهای نیل به اهداف نظام‌های کم‌نهاد است که در سال‌های اخیر می‌تواند برای رفع این مشکلات مورد توجه قرار گیرد و جایگزینی مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد.

است و درصد اسانس، کلروفیل a، و کارتنوئید سیاه‌دانه در کشت ۵۰:۵۰ همراه با کود زیستی بیشتر از بقیه تیمارها بود. به‌نظر می‌رسد دلیل برتری عملکرد (بیولوژیک، دانه و اسانس) کشت‌های مخلوط در برگ‌گیرنده لگوم و گیاه دارویی، افزایش دوام سطح برگ و کاهش رقابت درون گونه‌ای به‌دلیل عدم تداخل دو گونه در آشیان اکولوژیک همدیگر در مقایسه با کشت خالص هر جزء، بالا بودن میزان کلروفیل و در نتیجه آن افزایش راندمان فتوسنتزی گیاه و همچنین بهبود کارایی منابع قابل دسترس گیاه باشد. از طرفی، اثرات هم‌افزایی متقابل باکتری‌ها (ازتوباکتر، باسیلوس، سودوموناس) از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش حلالیت فسفات غیرمتحرک و کاهش pH خاک و تولید انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد، جذب عناصر غذایی را تحریک می‌کنند و با تأثیر روی فرآیندهای فتوسنتزی سبب بهبود اجزای عملکرد دانه و در

#### منابع مورد استفاده

1. Abdul-Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescense* enhanced biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Colloids and Surface B: Biointerfaces* 60 (1): 7-11.
2. Akbari, P., A. Ghalavand and A. M. Modares. 2010. Effects of different nutrition systems (organic, chemical, integrated) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and fatty acid composition of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Food Science and Technology* 7 (3): 1-10. (In Farsi).
3. Alijani, M., M. Amini Dehaghi, M. A. Malboobi, M. Zahedi and S. A. M. Modares Sanavi. 2011. The effect of different levels of phosphorus fertilizer together with phosphate bio-fertilizer (Barvar 2) on yield, essential oil amount and chamazulene percentage of (*Matricaria recutita* L). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 27 (3): 450-459. (In Farsi).
4. Alizadeh, Y., A. Koocheki and M. Nasiri Mahalati. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7 (2): 541-553. (In Farsi).
5. Allahdadi, M., M. R. Shakiba, A. Dabbagh Mohammadi Nasab and R. Amini. 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 23 (3): 47-58. (In Farsi).
6. Anandham, R., R. Sridar, P. Nalayini, S. Poonguzhali, M. Madhaiyan and T. Sa. 2007. Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and rhizobium. *Microbiological Research* 162 (2): 139- 153.
7. Baharlouie, S. 2013. The effect of competition on the nitrogen requirement of intercropping pea and canola plant. MSc. Thesis. University of Shahr e Kord, Shahr e Kord, Iran. (In Farsi).
8. Brito, I., M. J. Goss, M. de Carvalho, D. van Tuinen and P. M. Antunes. 2008. Agronomic management of indigenous mycorrhizas. pp. 375-402. In: A. Varma (Ed.), *Mycorrhiza*. Springer-Verlag, Germany.
9. Clevenger, J. F. 1928. Apparatus for determination of volatile oil. *Journal of Pharmaceutical Sciences* 17: 345-349.
10. Daneshnia, F., A. Amini and M. R. Chaichi. 2015. Berseem clover quality and basil essential oil yield in intercropping system under limited irrigation treatments with surfactant. *Agricultural Water Management* 164: 331-339.
11. Ekrena, S., C. Sonmez, E. Ozcakil, Y. S. K. Kurttas, E. Bayram and H. Gurgulu. 2012. The effect of different

- irrigation water levels on yield and quality characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agricultural Water Management* 109: 155-161.
12. Eskandari, H. and A. Ghanbari. 2010. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* L.) intercropping for nutrient consumption. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 21(2): 67-75. (In Farsi).
  13. Franco, J. G., S. R. King, J. G. Masabni and A. Volder. 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 203: 1–10.
  14. Ghilavizadeh, A., M. Taghi Darzi and M. Haj Seyed Hadi. 2013. Effects of biofertilizer and plant density on essential oil content and yield traits of ajowan (*Carum copticum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research* 14(11): 1508-1512.
  15. Ghosh, P. K., A. K. Tripathi, K. K. Bandyopadhyay and M. C. Manna. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy* 31(1): 43-50.
  16. Hamzei, J. 2012. Evaluation of yield, SPAD Index, landuse efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare* L.) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). *Journal of Crop Production and Processing* 4: 79-92. (In Farsi).
  17. Haugaard-Nielsen, H., P. Ambus and E. S. Jensen. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weed in pea–barley intercropping. *Field Crops Research* 70: 101-109.
  18. Inal, A., A. Gunes, F. S. Zhang and I. Cakmak. 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. *Plant Physiology and Biochemistry* 45(5): 350-356.
  19. Jahan, M., M. Aryaee, M. Amiri and H. Ehyae. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of (*Sesamum indicum* L.) with application of cover crops of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). *Journal of Agroecology* 5(1): 1-15. (In Farsi).
  20. Kader, M. A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculants on the yield nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences* 2: 259-261.
  21. Koocheki, A., M. Nasiri mahallati, Z. Borumand Razazade, M. Jahani and L. Jafari. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 12 (1): 1-8. (In Farsi).
  22. Leal, F., A. Rodrigues, D. Fernandes, F. M. Nunes, J. Cipriano, J. Ramos, S. Teixeira, S. Vieira, L. M. Carvalho and O. Pinto-Carnide. 2009. Invitro multiplication of *Calendula arvensis* for secondary metabolites extraction. *Acta Horticulturae* 812: 251-256.
  23. Lichtenthaler, H. K. and C. Buschmann. 2001. Photosynthetic activity, chloroplast ultrastructure, and leaf characteristics of high-light and low-light plants and of sun and shade leaves. *Journal of the International Society of Photosynthesis Research* 2: 115-141.
  24. Majnoon Hosseini, N. and S. Davazdahemami. 2007. Cultivation and Production of Certain Herbs and Spices. University of Tehran Press. Tehran. (In Farsi).
  25. Mardani, F. and H. Balouchi. 2015. Effect of intercropping on the yield and some quantitative and qualitative traits of Fenugreek and Anise. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 25(2): 1-16. (In Farsi).
  26. Marzban, Z., M. R. Ameriyan and M. Mamarabadi. 2014. Responses of agronomic characteristics of maize and cowpea to mycorrhiza and mesorrhizobial bacteria in intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology* 8(2): 165-179. (In Farsi).
  27. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Press. Tehran. (In Farsi).
  28. Mosavian, S., SH. Lorzadeh, F. Ebrahimpour and A. Chaab. 2011. Effect of nitrogen and intercropping ratios on grain yield and some morphological traits of corn and sunflower in North Khouzestan. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(4): 708-716. (In Farsi).
  29. Neamatollahi, E., M. R. Jahansuz, D. Mazaheri and M. Bannayan. 2013. Intercropping. In: E. Lichtfouse, (Ed.), Sustainable Agriculture Reviews. Springer-Verlag, Germany.
  30. Nezami, A. and A. A. R. Bagheri. 2005. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: I- phenology and morphology. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(1): 143-155. (In Farsi).
  31. Omidbaigi, R. 1995. Approaches to the Production and Processing Plants Dosage. Vol 1. Tehran -NASHR. Tehran. (In Farsi).
  32. Parsa, M. and A. Bagheri. 2008. Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press. Mashhad. (In Farsi).
  33. Peix, A., A. A. Rivas-Boyer, P. F. Mateos, C. Rodriguez-Barrueco, E. Martinez-Molina and E. Velazquez. 2001. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 33(1): 103-110.
  34. Postini, K., A. Marda, M. Zavareh and M. Madah Hosseini. 2005. The crop yield, physiology and processes. Tehran University Press, Tehran. (In Farsi).
  35. Ranjbar, F., A. Koocheki and M. Nasiri Mahallati. 2012. Evaluation of seed yield, yield and yield of sesame oil in

- different combinations of intercropping. In: Proceeding of the Second National Conference on New Achievements in the Production of Oil Crops, Islamic Azad University Bojnood, Bojnood, Iran, pp 1-4. (In Farsi).
36. Rathee, P. S., S. H. Mishra and R. Kaushal. 1982. Antimicrobial activity of essential oil, fixed oil and unsaponifiable matter of (*Nigella sativa* L.). *Indian Journal of Pharmacological Sciences* 44: 8-10.
  37. Rezaei Chiyaneh, E. 2016. Intercropping of flax seed (*Linum usitatissimum* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under foliar application of iron nano chelated and zinc. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 26(1): 39-56. (In Farsi).
  38. Rezaei Chiyaneh, E. and E. Gholinezhad. 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) and Black Cumin (*Nigella sativa* L.). *Journal of Agroecology* 7(3): 381-396. (In Farsi).
  39. Rezaei Chiyaneh, E., A. Pirzad and A. Farjami. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus and sulfur supplier bacteria on seed yield and essential oil of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 24(4): 72-83. (In Farsi).
  40. Rezaei chiyaneh, E., E. Tajbakhsh, M. O. Valizadegan and F. Banaei. 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. *Journal of Agroecology* 5(4): 462-473. (In Farsi).
  41. Rezvani Moghaddam, P. and R. Moradi. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Field Crop Science* 43(2): 217-230. (In Farsi).
  42. Rezvani Moghaddam, P., A. Ghafari, S. Bakhshae and L. Jafari. 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology* 5(2): 105-112. (In Farsi).
  43. Rezvani Moghaddam, P., M. Amiri and H. Ehyae. 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) with Emphasize on Environmental Friendly operations. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13(1): 34-42. (In Farsi).
  44. Rostaei, M. and S. Fallah. 2016. Assessment of canopy characteristics and essential oil yield of fenugreek and black cumin in intercropping under application of organic and chemical fertilizer. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science* 25(4): 1-23. (In Farsi).
  45. Saleem, R., I. A. Zammurad, M. Ahmed, A. Muhammad, A. M. Muhammad, S. Muhammad and A. K. H. Muhammad. 2011. Response of maize-legume intercropping system to different fertility sources under rained conditions. *Sarhad Journal of Agriculture* 27(4): 503- 511.
  46. Safikhani, S., M. R. Chaichi and A. Pour Babaei. 2013. The effects of different N fertilizers (Chemical, Biological and Integrated) on forage quality of berseem clover in an intercropping system with Basil. *Iranian Journal of Field Crop Science* 44(2): 237-248. (In Farsi).
  47. Samarbakhsh, S., F. Rejali, M. R. Ardakani, F. PakNejad and M. Miransari. 2009. The combined effect of fungicides and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. *Journal of Biological Sciences* 9 (1): 372- 76. (In Farsi).
  48. Zhang, F. and L. Li. 2003. Using competitive and facilitative interaction in intercropping systems enhances crops productivity and nutrient-use efficiency. *Journal of Plant and Soil Research* 248: 305-312.

## The Physiological Role of Bio-Fertilizers in Improving the Crop Yield of Black Cumin and Common Bean Intercropping

A. Pirzad<sup>1\*</sup>, S. Davirani<sup>2</sup>, J. Jalilian<sup>1</sup> and E. Rezaei Chiyaneh<sup>3</sup>

(Received: April 24-2017; Accepted: August 30-2017)

### Abstract

In order to investigate the effect of bio-fertilizers on the effective physiological characteristics and to improve the performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) in different ratios of intercropping, a field experiment was conducted as a factorial based on a randomized complete block design with three replications; this study was carried out at the research farm of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, in 2016. Treatments included two levels of bio-fertilizers (consumption of nitrogen, phosphorus, potassium supplier bacteria) and non bio-fertilizers, and 5 planting ratios (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0) of common bean- black cumin. The maximum seed yield and the biological yield of black cumin (54.20 and 118.40 g m<sup>-2</sup>) were obtained by sole cropping with the use of bio-fertilizers. The percentage of oil and chlorophyll b of the black cumin was increased by 17.34 and 14.36%, respectively, in the 50:50 planting ratio; On the other hand, chlorophyll b and carotenoids of bean were increased by 13.74 and 10.38%, respectively, in the 50:50 planting ratio, as compared to the sole cropping systems. The highest yield of oil (1.24 g m<sup>-2</sup>) and essential oil (0.51%) of the black cumin belonged to sole cropping with the application of bio-fertilizers. The highest land equivalent ratio (1.50) was also obtained in the 50:50 planting ratio with the application of bio-fertilizers. This means that seed yield per unit area in intercropping was improved up to 50%, as compared with seed yield by sole cropping. With respect to the higher yield (the quantitative and qualitative yield of both two species) and sustainable agricultural objectives, the 50:50 planting ratio along with application of bio-fertilizers could be appropriate.

**Keywords:** Essential oil, Growth-promoting rhizobacteria, Oil, Chlorophyll, Land equivalent ratio.

1, 2, 3. Associate Professors, MSc. Student and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

\*. Corresponding Author, Email: a.pirzad@urmia.ac.ir